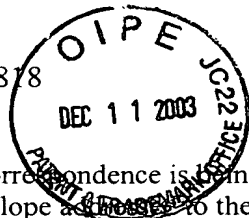


Docket No.: MUH-12818



I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on the date indicated below.

By:  Date: December 9, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/675,049 Confirmation No.: None  
Inventor : Ioannis Dotsikas  
Filed : September 30, 2003  
TC/A.U. : to be assigned  
Examiner : to be assigned

Docket No. : MUH-12818  
Customer No. : 24131

CLAIM FOR PRIORITY

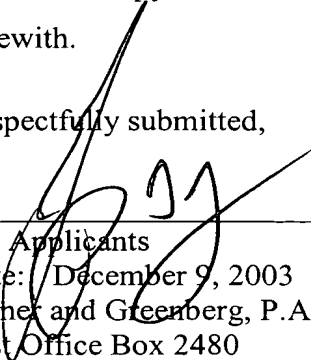
Hon. Commissioner for Patents  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under 35 U.S.C., §119, based upon German Patent Application No. 102 45 553.8, filed September 30, 2002.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

  
For Applicants  
Date: December 9, 2003  
Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101  
/bb

Gregory L. Mayback  
Reg. No. 40,719



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 45 553.8

**Anmeldetag:** 30. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG,  
München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Ofen zur Gasphasenabscheidung  
von Komponenten auf Halbleitersubstrate mit  
veränderbarer Hauptstromrichtung des Prozess-  
gases

**IPC:** C 23 C, H 01 L

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 16. Oktober 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

# MÜLLER • HOFFMANN & PARTNER – PATENTANWÄLTE

European Patent Attorneys – European Trademark Attorneys

Innere Wiener Strasse 17  
D-81667 München

Anwaltsakte: 12315

Ko/Rb/mk

Anmelderzeichen: 2002P13490 DE  
(2002 E 13488 DE)

30.09.2002

## **Infineon Technologies AG**

St.-Martin-Straße 53  
81669 München

---

**Verfahren und Ofen zur Gasphasenabscheidung von  
Komponenten auf Halbleitersubstrate mit veränderbarer  
Hauptstromrichtung des Prozessgases**

---

---

Beschreibung

Verfahren und Ofen zur Gasphasenabscheidung von Komponenten  
auf Halbleitersubstrate mit veränderbarer Hauptstromrichtung  
5 des Prozessgases

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und einen Ofen zur Gas-  
phasenabscheidung von Komponenten auf Halbleitersubstrate.

10 Im Zuge einer stetigen Erhöhung der Rechnerleistung und der  
Speicherkapazität von Mikrochips hat die Integrationsdichte  
der elektronischen Bauelemente, wie Transistoren oder Kondensatoren stetig zugenommen. So gilt seit über 30 Jahren das  
sogenannte Moore'sche Gesetz, welches eine Verdopplung der  
15 Integrationsdichte in einem Zeitraum von 18 Monaten be-  
schreibt. Auch für die Zukunft wird eine weitere Leistungs-  
steigerung von Mikrochips im Rahmen des Moore'schen Gesetzes  
und für spezielle Bauelemente wie z.B. Videochips noch darun-  
ter angestrebt, so dass die elektronischen Bauelemente weiter  
20 miniaturisiert werden müssen.

Eine höhere Integration wird im Wesentlichen durch eine wei-  
tere Verkleinerung der Funktionselemente erreicht. Dies führt  
gleichzeitig auch zu einer Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit  
des Mikrochips. Parallel mit einer steigenden Integrati-  
onsdichte erhöht sich auch der mittlere Waferdurchmesser und  
damit die Ansprüche an die Homogenität der Waferoberfläche  
oder der darauf abgeschiedenen Schichten. Die Realisierung  
von Submikrometer-Strukturen ist deshalb heute eine der wich-  
30 tigsten Aufgaben für die weitere Entwicklung der Mikroelekt-  
ronik. Daraus ergeben sich höhere Anforderungen an die gesam-  
te Technologie zur Herstellung von mikroelektronischen Bau-  
elementen. Die einzelnen technologischen Schritte müssen zum  
Teil bis an ihre prinzipiellen Grenzen heran genutzt werden  
35 und neue Verfahren müssen entwickelt und in die industrielle  
Fertigung eingeführt werden.

Ein typischer Fertigungsschritt bei der Herstellung von Mikrochips ist die Abscheidung einer Schicht aus einem bestimmten Schichtmaterial auf einem Wafer. Die Schicht kann ggf. in einem weiteren Fertigungsschritt in ihren chemischen und/oder physikalischen Eigenschaften modifiziert werden. Anschließend kann die abgeschiedene und ggf. modifizierte Schicht strukturiert werden, indem selektiv bestimmte Abschnitte der Schicht wieder entfernt werden. Die Schicht kann erzeugt werden, indem der Wafer beispielsweise in einer geeigneten Atmosphäre oxidiert oder nitridiert wird, um eine Schicht aus Siliziumoxid oder Siliziumnitrid zu erhalten. Bevorzugt werden Schichten aus diesen und anderen Materialien durch Verfahren erzeugt, die mit relativ niedrigen Temperaturen auskommen. Ein Beispiel für ein solches Verfahren ist die chemische Abscheidung aus der Gasphase (chemical vapor deposition, CVD), die meist bei Temperaturen von einigen wenigen hundert Grad Celsius und einem breiten Druckspektrum durchgeführt wird. Bei CVD-Verfahren wird ein Substrat in einem CVD-Prozessraum einem Strom aus einer oder mehreren gasförmigen Komponenten ausgesetzt. Bei den Prozessgasen handelt es sich beispielsweise um gasförmige chemische Vorläuferverbindungen des Schichtmaterials oder um inerte Trägergase, welche die Vorläuferverbindungen in fester und flüssiger Form transportieren. Aus den Vorläuferverbindungen wird fotolytisch, thermisch und/oder plasmagestützt in dem CVD-Prozessraum und/oder über der Substratoberfläche das Schichtmaterial erzeugt, das sich auf der Substratoberfläche niederschlägt und eine Schicht bildet.

Eine hohe Integrationsdichte, wie sie insbesondere bei elektronischen Bauelementen, wie Prozessoren und Halbleiterspeichereinrichtungen gefordert ist, setzt sehr geringe Schichtdicken und kleine Abmessungen für Strukturen in der Schicht voraus. Mittlerweile sind Schichtdicken von wenigen Nanometern und Abmessungen von Strukturen von wenigen 10 nm üblich.

Durch die stetige Miniaturisierung erhöhen sich die Ansprüche an eine durch Defektdichte, Rauigkeit und Homogenität einer Schicht bestimmten Schichtqualität. Dabei beschreibt die  
5 Rauigkeit eine Abweichung einer Oberfläche einer Schicht von einer ideal planaren Oberfläche. Die Defektdichte ist ein Maß für die Anzahl und die Größe von Verunreinigungen oder Strukturdefekten in der Schicht. Verunreinigungen sind dabei Einlagerungen aus einem anderen Material als dem Schichtmaterial.  
10 al.

Strukturdefekte können beispielsweise Hohlräume oder bei kristallbildenden Schichtmaterialien Gitterfehler sein. Die Homogenität bezieht sich auf die physikalische und chemische  
15 Gleichförmigkeit der Schicht. Übliche Verfahren zur Herstellung von Schichten mit einer Schichtdicke unter 1 µm auf einem Substrat sind epitaktische Verfahren, physikalische Gasphasenabscheidung (physical vapor deposition, PVD-Verfahren) und chemische Gasphasenabscheidung (chemical vapor  
20 deposition, CVD-Verfahren).

Die Abscheidung der Schichten erfolgt in Einzelscheibenanlagen oder in Mehrscheibenanlagen. In Mehrscheibenanlagen werden mehrere Wafer in geringem Abstand in einem geeigneten  
25 Gestell übereinander gestapelt. Das als "Boat" bezeichnete, mit mehreren Wafern beschickte Gestell wird dann in den Prozessraum eines Ofens gegeben. Das Prozessgas, welches die abzuscheidenden Komponenten enthält, wird beispielsweise an der Unterseite des Prozessraums eingeleitet und steigt dann  
30 seitlich an den übereinander gestapelten Wafern vorbei und entlang dieser Strömungsrichtung nach oben. Diese Strömungsrichtung, entlang derer der hauptsächliche Konvektionsstofftransport stattfindet wird als Hauptstromrichtung bezeichnet. An der Oberseite des Prozessraums wird das Prozessgas wieder  
35 ausgeleitet. Dazu kann das Prozessgas entweder an der oberen Seite des Ofens durch eine Ableitung herausgeführt werden

oder es kann umgelenkt werden und an der Außenseite des Prozessraums nach unten geführt werden, um dann an der Unterseite des Ofens abgepumpt zu werden. Die im Prozessgas enthaltenen Komponenten diffundieren aus dem seitlich am Waferstapel vorbei nach oben strömenden Hauptstrom in den Zwischenraum zwischen zwei übereinander angeordneten Wafern ein, um dann auf die Waferoberfläche zu gelangen und dort anschließend abgeschieden zu werden. Der Massentransport erfolgt hauptsächlich durch Diffusion, wobei andere Phänomene wie Konvektion und Thermodiffusion (Soret-Effekt) beteiligt sind. Der Diffusionsstrom der Komponenten aus dem Hauptstrom in den Raum zwischen den Wafern wird dabei von dem Konzentrationsgradienten der Komponenten im Hauptstrom des Prozessgases bestimmt. Während das Prozessgas von unten nach oben steigt, verarmt es also kontinuierlich an Komponenten, wobei deren Folgeprodukte auf der Oberfläche der Wafer niedergeschlagen werden, sodass sich ein Konzentrationsgradient entlang der Hauptstromrichtung einstellt. Da die Menge der Komponente, die aus dem Gashauptstrom zwischen die Wafer transportiert wird, vom eingestellten Konzentrationsgradienten der Komponente im Gashauptstrom abhängt, kann im unteren Bereich des Prozessraums, in welchem der Gashauptstrom noch eine hohe Konzentration der Komponente aufweist, eine größere Menge der Komponente in den Zwischenraum zwischen zwei übereinander angeordneten Wafern gelangen, als im oberen Bereich des Prozessraums, in welchem der Gashauptstrom an der Komponente weitgehend verarmt ist. Dies hat zur Folge, dass die Dicke der abgeschiedenen Schicht auf Wafern, die im unteren Bereich des Prozessraums angeordnet sind, größer ist als bei Wafern, die im oberen Bereich des Prozessraums angeordnet sind. Solche Inhomogenitäten sind bei der Nitridabscheidung nicht selten. Ein analoger Effekt wird bei einer Dotierung der Siliziumwafer beobachtet. Im unteren Bereich des Prozessraums, in den ständig frisches Dotiermittel zugeführt wird, erfolgt eine hohe Dotierung, während in den oberen Bereichen eine deutlich geringere Dotierung erfolgt.

Die derartig erzeugten Inhomogenitäten innerhalb des Prozessraums führen zu einer ungleichmäßigen Verteilung der Materialparameter der behandelten Halbleitersubstrate innerhalb einer Batch und damit verbunden zu unterschiedlichen elektronischen Eigenschaften des gleichen Bauelements auf verschiedenen Wafern einer Batch. Insbesondere in der Mikroelektronik werden aber äußerst hohe Anforderungen an die Stabilität und der Reproduzierbarkeit der Herstellungsschritte der elektronischen Bauteile gestellt.

Es wurden deshalb Anstrengungen unternommen, den unterschiedlichen Abscheidungsraten der Komponenten auf Wafern einer Batch zu begegnen.

So ist vorgeschlagen worden, entlang der Hauptstromrichtung Injektoren im Prozessraum vorzusehen, durch welche Dotierstoffe oder andere Komponenten, die auf dem Wafer niedergeschlagen werden sollen, in den Prozessraum eingespeist werden können. Auf diese Weise kann die Menge der Komponente, die aus dem Prozessgas entfernt und auf dem Wafer niedergeschlagen wurde, ersetzt werden. Damit wird einer Verarmung des Prozessgases an der Komponente entgegengewirkt und die Einstellung eines Konzentrationsgradienten im Prozessgas entlang der Hauptstromrichtung kann unterdrückt werden. Diese Lösung ist jedoch technisch recht aufwändig, da zum Einen Injektoren in den Prozessraum eingebaut werden müssen und zum Anderen die durch die Injektoren dem Prozessraum zugeführte Menge der Komponente so geregelt werden muss, dass jeweils nur die verbrauchte Menge der Komponente ersetzt wird. Injektoren sind aber sehr anfällig für Funktionsausfälle, wie sie beispielsweise durch mechanische Bruchdefekte auftreten.

Als weitere Möglichkeit bietet sich an, kleinere Batchgrößen zu verwenden, um Unterschiede zwischen dem ersten und dem letzten Wafer einer Batch möglichst gering zu halten. Durch



den geringer ausfallenden Umsatz pro Herstellungszyklus ist jedoch ein höherer Kostenaufwand zu betreiben, wodurch die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens sinkt.

- 5     Ferner kann zum Ausgleich der erzielten Schichtdicken ein Temperaturgradient innerhalb des Prozessraumes vorgesehen werden. Durch die bei höherer Temperatur erhöhte Abscheidungsrate kann der Verarmung des Hauptgasstroms an der abzuschheidenden Komponente entgegengewirkt werden. Temperaturunterschiede von mehreren Grad sind, wie insbesondere bei der Nitridabscheidung, nicht selten. Mit diesem Verfahren können  
10     zwar gleichmäßige Schichtdicken innerhalb einer Batch erreicht werden, die Wafer einer Batch erfahren jedoch ein unterschiedliches Temperaturbudget. Dadurch können in späteren Prozessschritten Unterschiede in der Prozessierung der  
15     Wafer bzw. im fertigen Produkt Unterschiede in den elektronischen Parametern zwischen Chips aus verschiedenen Wafern auftreten.
- 20     Bei Einzelscheibenanlagen können durch Rotation des Wafers um seine Achse Ungleichmäßigkeiten von Temperatur- und Konzentrationsprofilen ausgeglichen werden. Dieses Verfahren wird heute von den meisten Herstellern angeboten. Für Mehrscheibenanlagen ist dieses Verfahren ungünstig, da eine Rotation  
25     der Wafer bzw. des Boats technisch nur schwierig zu verwirklichen ist und in Mehrscheibenanlagen die Hauptstromrichtung des Prozessgases im Allgemeinen parallel zur Normalen der Waferfläche verläuft und nicht, wie bei Einzelscheibenanlagen, parallel zur Waferoberfläche. Ein Konzentrationsgradient  
30     entlang der Hauptstromrichtung kann daher durch eine Rotation des Boats um seine Längsachse nicht ausgeglichen werden. Dies bedeutet, dass die Boatrotation sich im wesentlichen lediglich positiv auf die Gleichförmigkeit innerhalb eines Wafers auswirkt, die Homogenität der einzelnen Wafer untereinander  
35     jedoch kaum beeinflusst wird.

Der Aspekt der Gleichförmigkeit der Wafer untereinander wird dabei umso kritischer je kleiner die Strukturbreiten werden. Soll die kritische Strukturgröße weiter verringert werden, muss die Regelmäßigkeit, mit der Schichten innerhalb einer  
5 Batch abgeschieden werden, weiter erhöht werden.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren zur Gasphasenabscheidung von Komponenten auf einem Halbleitersubstrat zur Verfügung zu stellen, mit welchem auch bei größeren  
10 Batchgrößen nur geringe Schwankungen der Schichteigenschaften zwischen zwei Wafern beobachtet werden bzw. mit dem Schwankungen der Schichtdicke einer auf einem Halbleitersubstrat abgeschiedenen Schicht verringert werden können.

15 Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Gasphasenabscheidung von Komponenten, die in einem entlang einer Hauptstromrichtung strömenden Prozessgas enthalten sind, auf ein oder mehrere in einem Prozessraum angeordnete Halbleitersubstrate, wobei die Hauptstromrichtung während des Verfah-  
20 rens zumindest einmal geändert wird.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren werden die Halbleitersubstrate zunächst in üblicher Weise im Prozessraum angeordnet. Befinden sich mehrere Halbleitersubstrate im Prozessraum,  
6  
25 werden diese im Allgemeinen in geringem Abstand übereinander (gestapelt) angeordnet. In den Prozessraum werden anschließend die Prozessgase eingeleitet, welche die Komponenten enthalten, die auf dem Halbleitersubstrat abgeschieden werden sollen. Der Prozessraum umfasst dazu mindestens eine Zulei-  
30 tung, die z.B. über ein Zuführungsventil geöffnet oder verschlossen werden kann und durch welche das Prozessgas dem Prozessraum zugeführt wird, sowie mindestens eine Ableitung, durch welche das Prozessgas aus dem Prozessraum herausgeführt wird, indem es beispielsweise abgepumpt wird. Zwischen Zulei-  
35 tung und entsprechender Ableitung stellt sich eine Hauptstromrichtung ein, entlang der das Prozessgas den Prozessraum

durchströmt. Wie oben beschrieben, stellt sich im Prozessraum für die zugeführten Komponenten ein erster Konzentrationsgradient ein, der zu Schwankungen in der Schichtdicke zwischen einzelnen Halbleitersubstraten einer Batch bzw. bei Einzelscheibenanlagen auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats führt. Wird die Hauptstromrichtung nun geändert, stellt sich ein zweiter Konzentrationsgradient ein, der vom ersten Konzentrationsgradienten unterschiedlich ist. Als Folge ändern sich auch die Schwankungen, die innerhalb einer Batch zwischen einzelnen Halbleitersubstraten bzw. bei Einzelscheibenanlagen auf der Oberfläche des Wafers beobachtet werden. Die Umschaltung der Hauptstromrichtung erfolgt nach Möglichkeit so, dass die Schwankungen der Eigenschaften der abgeschiedenen Schicht, die sich zwischen den einzelnen Halbleitersubstraten einer Batch in einer Mehrscheibenanlage bzw. auf der Oberfläche des Halbleitersubstrats in einer Einzelscheibenanlage einstellen, weitgehend ausgleichen.

Durch ein- oder mehrmalige Änderung der Hauptstromrichtung können also Konzentrationsgradienten, die sich für die Komponenten im Prozessraum einstellen, ausgeglichen werden. Dadurch können auch unterschiedliche Schichtdicken auf Halbleitersubstraten einer Batch vermieden werden, so dass eine wesentlich gleichmäßigere Qualität der prozessierten Halbleitersubstrate erreicht werden kann.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird die Einheitlichkeit der behandelten Halbleitersubstrate beispielsweise hinsichtlich der Dicke der abgeschiedenen Schicht oder einer Dotierung verbessert. Es ist nicht erforderlich, einen Temperaturgradienten im Prozessraum vorzusehen. Die Temperatur kann im gesamten Prozessraum konstant gehalten werden bzw. einheitlich variiert werden. Die Halbleitersubstrate einer Batch erfahren also alle das gleiche Temperaturbudget, d. h. sie werden für den gleichen Zeitraum auf die gleiche Temperatur erwärmt. Damit wird die Reproduzierbarkeit der elektronischen

Eigenschaften der erzeugten mikroelektronischen Bauelemente erhöht und die Ausbeute an funktionsfähigen Schaltkreisen gesteigert.

5 Ein wesentlicher Vorteil des Verfahrens ist die Möglichkeit, die Batchgröße weiter zu erhöhen. Durch die veränderbare Hauptstromrichtung wird die insbesondere bei größeren Batchgrößen auftretende Problematik einer lokalen Konzentrationsverarmung deutlich herabgesetzt. Es können somit deutlich größere Batchgrößen verwendet und somit innerhalb eines Produktionszyklusses mehr Bauteile als bisher hergestellt werden. Dadurch wird die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens wesentlich verbessert.

15 Das erfindungsgemäße Verfahren ist an sich von der Größe der prozessierten Halbleitersubstrate unabhängig. So können auch Wafer mit größerem Durchmesser, z.B. mit einer Größe von 300 mm oder mehr, problemlos prozessiert werden. Es versteht sich jedoch, dass das Verfahren auch für die Prozessierung kleinerer Wafer eingesetzt werden kann.


25 Da Konzentrationsgradienten im Prozessraum im Lauf des Verfahrens weitgehend ausgeglichen werden, ist es ausreichend, wenn Dotierstoffe zur Steuerung der elektronischen Eigenschaften der Halbleitersubstrate an nur einer Stelle als Prozessgas in den Prozessraum eingeleitet werden. Es ist also nicht erforderlich, seitliche Einspritzdüsen (Injektoren) entlang der Hauptstromrichtung im Prozessraum vorzusehen, um eine Verarmung des Prozessgases an Dotierstoff auszugleichen.

30 Die für die Durchführung des Verfahrens geeigneten Vorrichtungen können daher konstruktiv einfach ausgeführt werden und sind daher unempfindlich gegenüber technischen Störungen.


35 Mit Injektoren ausgestattete Anlagen können natürlich ebenfalls mit dem erfindungsgemäßen Verfahren betrieben werden,

wobei ein Einsatz der Injektoren für eine zusätzliche Erhöhung der Homogenität sorgt.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird also die Gleichmä-  
5      ßigkeit innerhalb einer Wafercharge (Batch) verbessert. Das  
betrifft sowohl Schichtdicke als auch Dotierung und thermi-  
sches Budget. Dadurch wird die Reproduzierbarkeit der elekt-  
ronischen Eigenschaften der aus den Halbleitersubstraten  
hergestellten elektronischen Bauteile verbessert und somit  
10      die Ausbeute der damit hergestellten Schaltkreise erhöht.

 Daraus resultiert eine erhöhte Ausbeute an funktionsfähigen  
Bauteilen und eine damit verbundene Steigerung der Produkti-  
vität des Verfahrens.

15      In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen  
Verfahrens wird die Hauptstromrichtung umgekehrt. Eine Umkeh-  
rung der Hauptstromrichtung entspricht einer maximalen Ände-  
rung der Hauptstromrichtung. Dabei findet eine maximale Ände-  
rung der Strömungen innerhalb des Ofens und damit ein weitge-  
20      hender Ausgleich von Konzentrations- und Temperaturgradienten  
statt. Wie bereits weiter oben beschrieben, sind in Mehr-  
scheibenanlagen die Halbleitersubstrate in geringem Abstand  
übereinander gestapelt im Prozessraum angeordnet, wobei das  
Prozessgas seitlich am Stapel vorbeiströmt und eine Haupt-  
30      stromrichtung ausgebildet wird. Dazu kann das Prozessgas z.B.  
an der Unterseite in den Prozessraum eingeleitet werden. Nach  
einem bestimmten Zeitraum wird die Hauptstromrichtung umge-  
kehrt, d.h. das Prozessgas wird nun an der der Unterseite  
gegenüberliegenden Oberseite des Prozessraums eingeleitet.

 Die Hauptstromrichtung ändert sich daher um 180 °. Bei Ein-  
zelscheibenanlagen strömt das Prozessgas parallel zur Wafer-  
oberfläche. Auch hier wird die Hauptstromrichtung nach einem  
bestimmten Zeitraum umgekehrt, also um 180 ° gedreht, um  
Konzentrations- und Temperaturgradienten auszugleichen. Es  
35      kann bei Einzelscheibenanlagen vorteilhaft sein, die Haupt-  
stromrichtung in kleineren Schritten zu ändern, z.B. um je-

weils 90 °, um einen optimalen Ausgleich der Temperatur- und Konzentrationsgradienten zu erreichen.

Es ist daher vorteilhaft, wenn die Hauptstromrichtung parallel zu einer Symmetrieachse der Halbleitersubstrate ausgerichtet ist. Bei einer Änderung der Hauptstromrichtung werden Konzentrationsgradienten in symmetrischer Art und Weise entlang der Symmetrieachse der Substrate ausgeglichen. Die Homogenität der beschichteten Halbleitersubstrate lässt sich dann wesentlich verbessern.

Die Symmetrieachse ist bevorzugt eine Rotations- oder eine Drehspiegelachse. Diese Symmetrieachsen weisen einen im Vergleich zu anderen Symmetrieachsen besonders hohen Symmetriegrad auf, so dass bei Orientierung der Hauptstromrichtung parallel zu einer derartigen Symmetrieachse ein besonders wirksamer Ausgleich der Konzentrationsgradienten erreicht wird. Bei Mehrscheibenanlagen verläuft die Rotationsachse senkrecht zur Oberfläche des Halbleitersubstrats im Zentrum des Stapels. Das Prozessgas strömt daher, wie bereits beschrieben, entlang der Hauptstromrichtung seitlich am Halbleiterstapel vorbei. Bei Einzelscheibenanlagen verläuft die Drehspiegelachse entlang der Waferoberfläche durch den Mittelpunkt der Oberfläche des Halbleitersubstrats. Das Prozessgas strömt daher parallel zur Waferoberfläche entlang der Hauptstromrichtung über das Halbleitersubstrat hinweg.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird vor einer Änderung der Hauptstromrichtung das Prozessgas zumindest teilweise aus dem Prozessraum entfernt. Das unmittelbar vor der Änderung der Hauptstromrichtung in den Prozessraum eingeleitete Prozessgas durchläuft nicht mehr die gesamte Strecke durch den Prozessraum, sondern erfährt eine Strömungsumkehr. Nimmt man ein bestimmtes Volumen des Prozessgasstroms, das kurz vor der Strömungsumkehr in den Prozessraum eingeleitet wurde, gelangt dieses bis zur Strö-

5 mungsumkehr nur bis zu einem der unteren Halbleitersubstrate  
des Stapels, um dann in umgekehrter Richtung wieder aus dem  
Prozessraum ausgeleitet zu werden. Die Halbleitersubstrate an  
den äußeren Enden des Stapels erfahren daher ein zusätzlich  
10 verstärktes Schichtdickenwachstum. Der Effekt kann sich be-  
sonders bei mehrmaligem Wechsel der Hauptstromrichtung be-  
merkbar machen. Durch geschickte Verfahrensführung kann die-  
ser Effekt genutzt werden, um ein verringertes Schichtdicken-  
wachstum an den Enden des Waferstapels auszugleichen, das  
15 durch die geringe Konzentration der Komponenten im Prozessgas  
verursacht wird, ehe dies während der gewöhnlichen Abschei-  
dung den Prozessraum wieder verlässt. Um zusätzliche Inhomo-  
genitäten zu vermeiden, ist es jedoch günstiger, vor der  
Änderung der Hauptstromrichtung Prozessgas, das noch im Pro-  
20 zessraum vorhanden ist, zu entfernen. Dadurch kann frisches  
Prozessgas in den Prozessraum eingeleitet werden, das den  
Prozessraum dann über seine gesamte Ausdehnung durchströmt.  
Es bildet sich dann unmittelbar der gewünschte Konzentrati-  
ons- bzw. Temperaturgradient aus.

20 Die Entfernung des Prozessgases aus dem Prozessraum kann  
durch Verminderung der Zufuhr von Prozessgas in den Prozess-  
raum und/oder Absaugen von Prozessgas aus dem Prozessraum  
und/oder Spülen des Prozessraumes mit einem Inertgas (z.B.  
25 Edelgas oder Stickstoff) erfolgen. Bei der zuletzt genannten  
Ausführungsform werden Druckstöße in der Reaktionskammer  
vermieden.

30 Meist bleibt das zugeführte Prozessgas während der Abschei-  
dung einer Schicht oder dem Einbringen einer Dotierung in  
seiner Zusammensetzung unverändert. Für bestimmte Anforderun-  
gen kann es jedoch vorteilhaft sein, wenn die Komponenten  
nach einer Änderung der Hauptstromrichtung eine andere Zusam-  
mensetzung und/oder Konzentration aufweisen. Die Flexibilität  
35 des erfindungsgemäßen Verfahrens wird dadurch erhöht und es  
lassen sich beispielsweise durch unterschiedliche Dotier-

stoffkonzentrationen spezifische Dotierungsprofile in den Halbleitersubstraten erzeugen und dadurch gezielt elektronische Eigenschaften anpassen.

5 Ferner können durch eine Änderung der Zusammensetzung des Prozessgases beispielsweise auch Schichten aus mehreren unterschiedlichen Lagen bzw. besondere Defektstrukturen z.B. durch eine Änderung des Dotiermittels realisiert werden.

10 Nach einer Ausführungsform des Verfahrens werden Schichten hergestellt, wobei die im Prozessgas enthaltenen Komponenten mit dem Material der Halbleitersubstraten chemisch reagieren. Eine chemische Reaktion der abzuscheidenden Komponenten mit den Halbleitersubstraten setzt wesentlich höhere Energiemengen frei als eine physikalische Adsorption. Die dadurch er-  
15 reichte Stabilität der erzeugten Abscheidungsschicht ist dementsprechend deutlich höher, wodurch sich Lebensdauer und Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren Einflüssen wie mechanische und thermische Belastungen oder Verhalten gegenüber  
20 Feuchtigkeit und Chemikalien optimieren lassen. Beispiele für solche Schichten sind Schichten aus Siliziumdioxid oder Siliziumnitrid. Das Verfahren eignet sich jedoch auch für die Herstellung von Schichten, bei welchen die im Prozessgas enthaltenen Komponenten sämtlich die Ausgangsmaterialien für  
25 die Schicht bilden. Dabei kann die Komponente direkt als Material der Schicht niedergeschlagen werden (PVD; "Physical Vapor Deposition") oder das Material der Schicht kann in einer chemischen Reaktion gebildet werden (CVD; "Chemical Vapor Deposition").

30 Die Gasphasenabscheidung kann bei Atmosphärendruck, Subatmosphärendruck und im vakuumnahen Bereich stattfinden, wobei Subatmosphärendruck bevorzugt ist.

35 In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Änderung der Hauptstromrichtung nach



einem veränderbaren Zeitmuster. Dadurch kann beispielsweise zu Beginn der Gasphasenabscheidung die Hauptstromrichtung mit höherer Frequenz geändert werden, um zunächst auf allen Halbleitersubstraten eine möglichst gleichmäßige Starterschicht zu erhalten. In einem späteren Stadium des Verfahrens, wenn sich eine konstante Abscheidungsrate für die einzelnen Halbleitersubstrate eingestellt hat, kann dann auch eine niedrigere Frequenz der Änderung der Hauptstromrichtung mit längeren Intervallbereichen ausreichend sein. Bei Abscheidungen, bei denen die Abscheiderate während der gesamten Abscheidung im Wesentlichen konstant bleibt, reicht ein Richtungswechsel.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt während des Verfahrens eine Online-Erfassung von Menge und/oder Verteilung der auf die Halbleitersubstrate abgeschiedenen Komponenten. Dadurch werden unmittelbar die momentanen Abscheidungsresultate insbesondere hinsichtlich Schichtdicke und -qualität erhalten. Bei auftretenden Störungen oder unvollständiger Abscheidung können sofort entsprechende Maßnahmen und Korrekturen eingeleitet werden, sodass Schichten mit hoher Qualität reproduzierbar hergestellt werden können.

Ein wesentliches Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Änderung der Hauptstromrichtung im Prozessraum. Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden daher speziell ausgestaltete Öfen benötigt. Gegenstand der Erfindung ist daher auch ein Ofen zur Gasphasenabscheidung von in einem Prozessgas enthaltenen Komponenten auf ein oder mehrere Halbleitersubstrate, welcher zumindest umfasst:

- einen Prozessraum zur Aufnahme der Halbleitersubstrate;
- eine mit dem Prozessraum verbundene erste Zu-/Ableitung;
- eine mit dem Prozessraum verbundene zweite Zu-/Ableitung;
- Mittel zum Erzeugen einer Prozessgasströmung, welche mit der ersten und/oder zweiten Zu-/Ableitung verbunden sind;
- eine Heizvorrichtung;

- Mittel zum Regeln von Betrag und Strömungsrichtung der Prozessgasströmung.

Mit diesem erfindungsgemäßen Ofen kann eine homogene Abschei-  
5 dung von Komponenten auf Halbleitersubstraten erreicht wer-  
den, so dass auch bei umfangreichen Batchgrößen eine gleich-  
mäßige Beschichtung der Halbleitersubstrate hinsichtlich  
Schichtdicke und Schichtqualität erhalten wird. Der erfin-  
dungsgemäße Ofen kann sowohl als Einzelscheibenanlage, wie  
10 auch als Mehrscheibenanlage ausgestaltet werden. Da die e-  
lektronischen Eigenschaften von den Materialeigenschaften in  
signifikanter Weise abhängen, wird die elektronische Qualität  
der aus diesen Halbleitersubstraten gefertigten mikroelektro-  
nischen Schaltkreise deutlich verbessert. Mit dem erfindungs-  
15 gemäßen Ofen können daher mikroelektronische Bauelemente mit  
verringerten Abmessungen hergestellt werden.

Der erfindungsgemäße Ofen unterscheidet sich von den bisher  
verwendeten Öfen im Wesentlichen dadurch, dass eine Vorrich-  
20 tung vorgesehen ist, mit der die Strömung im Prozessraum des  
Ofens verändert bzw. umgekehrt werden kann. Wie bereits in  
Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert,  
durchströmt ein Prozessgas, das die abzuscheidenden Kompo-  
ten enthält, den Prozessraum. Wegen der Abscheidung der Kom-  
25 ponenten verarmt das Prozessgas, so dass sich für die Kompo-  
nenten entlang einer Hauptstromrichtung ein Konzentrations-  
gradient im Prozessraum einstellt. Werden die Strömungsver-  
hältnisse verändert, indem die Richtung der Strömung verän-  
dert wird, verändert sich auch der Konzentrationsgradient.  
30 Durch die Überlagerung der Konzentrationsgradienten kann in  
der Summe eine gleichmäßigere Abscheidung von Schichten,  
insbesondere eine gleichmäßige Schichtdicke innerhalb einer  
Batch erreicht werden.

35 Erste und zweite Zu- bzw. Ableitung können an sich in belie-  
biger Weise ausgestaltet werden. So kann die erste und zweite

Zu-/Ableitung als jeweils zwei in den Prozessraum mündende Leitungen ausgestaltet sein, wobei jeweils eine der Leitungen als Zuleitung und die andere als Ableitung wirkt. In diesem Fall münden also zumindest vier Leitungen in den Prozessraum.

5 Zu- und Ableitung können jedoch auch über einen gemeinsamen Zugang mit dem Prozessraum verbunden sein, so dass nur zwei Leitungen in den Prozessraum münden. Es ist jedoch auch möglich, die Zu- bzw. Ableitung auch in Form von Injektoren als eine Mehrzahl von Zu- bzw. Ableitungen auszugestalten, um  
10 beispielsweise eine gleichmäßige Strömung des Prozessgases im Prozessraum zu erhalten. Um eine Strömung im Prozessraum zu erzeugen, sind entsprechend Mittel zum Erzeugen einer Prozessgasströmung vorgesehen, welche mit der ersten und/oder zweiten Zu-/Ableitung verbunden sind. Im Allgemeinen werden  
15 hierfür Pumpen eingesetzt, wie sie auch in den bisher verwendeten Öfen gebräuchlich sind. Die Strömung kann erzeugt werden, indem beispielsweise das Prozessgas in den Prozessraum gedrückt wird bzw. indem das Prozessgas aus dem Prozessraum abgepumpt wird.

20

Um eine Strömungsumkehr des Prozessgases zu erreichen, sind Mittel zum Regeln von Betrag und Strömungsrichtung der Prozessgasströmung vorgesehen. Dies können beispielsweise Ventile sein, mit denen erste und zweite Zu-/Ableitung geöffnet  
25 bzw. geschlossen werden. Es ist aber auch möglich, über die Mittel zum Erzeugen einer Prozessgasströmung die Hauptstromrichtung zu beeinflussen, indem z.B. die Förderleistung einer Pumpe entsprechend geregelt wird. Die Mittel zum Regeln von Betrag und Strömungsrichtung können beispielsweise rechnergestützt gesteuert werden.  
30

Bevorzugt sind erste und zweite Zu-/Ableitung an gegenüberliegenden Seiten des Prozessraums angeordnet. Bei einer Änderung der Strömung wird dann eine Umkehr um 180 ° bewirkt.

35 Dies ist besonders vorteilhaft bei Mehrscheibenanlagen, da hier die Konzentrationsgradienten besonders stark ausgeprägt

sind. Erste und zweite Zu-/Ableitung werden vorteilhaft an der Unter- bzw. Oberseite des Prozessraums vorgesehen, also in der Verlängerung eines im Prozessraums angeordneten, mit Wafern beschickten Boats.

5

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist eine Intervallregel-  
einheit vorgesehen, zum intervallweisen Ändern der Richtung  
der Prozessgasströmung nach einem veränderbaren Zeitmuster.  
Dadurch können entsprechend dem Verfahrensverlauf geeignete

10

Zeitfenster für die einzelnen Abscheidungsintervalle reali-  
siert werden. Wie bereits beim erfindungsgemäßen Verfahren  
erläutert, kann es zu Beginn eines Abscheidungszyklus vor-  
teilhaft sein, eine hohe Frequenz für die Änderung der Haupt-  
stromrichtung vorzusehen, um zunächst auf allen Halbleiter-

15

substraten gleichmäßig eine dünne Starterschicht zu erzeugen,  
die dann als Keimschicht für die anschließende Abscheidung  
der Schicht wirkt. Ist auf der gesamten Oberfläche der ein-  
zelnen Halbleitersubstrate ein gleichmäßiges Schichtwachstum  
initiiert worden, kann auch eine niedrigere Frequenz zur

20

Änderung der Hauptstromrichtung verwendet werden. Auf diese  
Weise können auch dickere Schichten mit Dicken bis hin zu  
mehreren Mikrometern erzeugt werden, wobei nur geringe  
Schwankungen der Schichtdicke innerhalb einer Batch beobach-  
tet werden.

25

Um das Wachstum der Schicht genau steuern zu können ist gemäß  
einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ofens  
eine Messeinheit zum Erfassen von Menge und/oder Verteilung  
der auf die Halbleitersubstrate abgeschiedenen Komponenten  
vorgesehen. Diese Messeinheit kann mit den Mitteln zum Erzeu-  
gen einer Prozessgasströmung verbunden sein um den Prozess-  
gasstrom bzw. die Konzentration der zugeführten Komponenten  
zu steuern.

35

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen  
Ofens ist eine mit der Messeinheit verbundene Steuerungsein-

heit zur Onlinesteuerung der Mittel zum Erzeugen einer Prozessgasströmung vorgesehen. Auf der Grundlage der von der Messeinheit ermittelten Daten kann dann automatisch in den Abscheideprozess eingegriffen werden und somit Einfluss auf das Wachstum der Schicht genommen werden.

Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher erläutert. Die Figuren zeigen im einzelnen:

10 Fig. 1 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Ofens;



Fig. 2 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

15

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Schichtdickenverteilung in einer Batch, die bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erhalten wird;

20 Fig. 4 eine schematische Darstellung der Schichtdickenverteilung in einer Batch, die bei Durchführung eines Verfahrens nach dem Stand der Technik erhalten wird.



25 Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Längsschnitts durch einen erfindungsgemäßen Ofen 1. Innerhalb des Ofens 1 ist ein durch eine Trennwand 2 begrenzter Prozessraum 3 angeordnet. Hinter der Trennwand 2 kann z.B. eine Heizung angeordnet sein. Im Prozessraum 3 befindet sich ein Boat 4, welches aus einem Gestell besteht, in welchem Wafer in geringem Abstand übereinander angeordnet sind. Der Übersichtlichkeit halber sind Gestell und Wafer nicht im Detail dargestellt. In den außen liegenden Abschnitten des Boats, also an dessen Ober- bzw. Unterseite, sind Dummy-Wafer 5 angeordnet, 30 welche beidseitig den Stapel der zu prozessierenden Wafer 6 begrenzen. Die Dummy-Wafer 5 dienen dazu, im Bereich der zu

prozessierenden Wafer 6 gleichmäßige Strömungsverhältnisse herzustellen. An der Unterseite des Prozessraumes 3 ist eine erste Zu-/Ableitung 7 vorgesehen, durch welche dem Prozessraum 3 Prozessgas zugeführt werden kann bzw. Prozessgas aus dem Prozessraum 3 herausgeleitet werden kann. Um den Strom des Prozessgases beeinflussen zu können, ist ein Ventil 8 vorgesehen. Das Öffnen bzw. Schließen des Ventils 8 wird mit einer Regeleinheit 9 gesteuert, welche über Steuerleitungen 10 mit dem Ventil 8 verbunden ist. Schließlich ist eine Pumpe 11 vorgesehen, mit welcher eine Gasströmung erzeugt werden kann. Die Pumpe 11 kann entweder über die erste Zu-/Ableitung 7 Prozessgas in den Prozessraum 3 fördern oder Prozessgas aus diesem absaugen. Der Betriebszustand der Pumpe 11 wird ebenfalls über die Regeleinheit 9 gesteuert, welche durch entsprechende Steuerleitungen 10 mit der Pumpe 11 verbunden ist. An der der ersten Zu-/Ableitung 7 gegenüberliegenden Seite des Prozessraums 3 ist eine zweite Zu-/Ableitung 12 angeordnet. Der Gasstrom durch die zweite Zu-/Ableitung 12 kann durch Ventil 13 geregelt werden, welches durch die Regeleinheit 9 gesteuert wird. Die Regeleinheit 9 ist mit dem Ventil 13 über Steuerleitung 10 verbunden. Mit einer Pumpe 14 kann über die zweite Zu-/Ableitung 12 Prozessgas dem Prozessraum 3 zugeführt bzw. aus diesem ausgeleitet werden.

Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zunächst mit der Regeleinheit 9 das Ventil 8 geöffnet und mit der Pumpe 11 Prozessgas in den Prozessraum 3 gefördert. Ferner wird Ventil 13 geöffnet und mit der Pumpe 14 Prozessgas aus dem Prozessraum 3 abgesaugt. Das Prozessgas strömt durch die erste Zu-/Ableitung 7 in den Prozessraum 3 ein. Das Prozessgas steigt seitlich am Boat 4 vorbei nach oben, wobei sich eine Hauptstromrichtung 15 ausbildet. Aus dem entlang der Hauptstromrichtung 15 aufsteigenden Prozessgasstrom diffundieren Anteile zur Seite weg in die Zwischenräume zwischen übereinander angeordneten Wafern des Boats 4. Dabei verarmt der Prozessgasstrom kontinuierlich an den Komponenten, welche

auf der Oberfläche der Wafer niedergeschlagen werden, sodass sich entlang der Hauptstromrichtung 15 ein Konzentrationsgradient ausbildet. Schließlich verlässt der Strom des Prozessgases den Prozessraum 3 durch die zweite Zu-/Ableitung 12 und wird mit Hilfe der Pumpe 14 abgesaugt. Nach Ablauf einer bestimmten Zeitspanne werden geregelt durch die Regeleinheit 9 die Ventile 8, 13 geschlossen und die Pumpen 11, 14 angehalten. Die Pumpen 11, 14 werden nun so geschaltet, dass die Pumpe 14 Prozessgas in den Prozessraum 3 fördert, während die Pumpe 11 Prozessgas aus dem Prozessraum 3 absaugt. Nach Öffnen der Ventile 8, 13 strömt das Prozessgas nun von oben in den Prozessraum 3, sodass sich die Hauptstromrichtung 15 umkehrt. Als Folge bildet sich ein Konzentrationsgradient aus, der in die umgekehrte Richtung verläuft, d.h. am oberen Ende des Boats 4, wo zunächst das geringste Schichtdickenwachstum erfolgte, wird nun das stärkste Schichtdickenwachstum beobachtet. Dadurch können Unterschiede im Schichtdickenwachstum zwischen einzelnen Wafern des Boats 4 ausgeglichen werden, so dass innerhalb einer Batch die Schwankungen der Schichtdicke erheblich verringert werden können.

Fig. 2 zeigt schematisch verschiedene Schritte, die bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens durchlaufen werden. Der in Fig. 2 dargestellte Ofen 1 unterscheidet sich von dem in Fig. 1 dargestellten Ofen 1 in der Anordnung der ersten und zweiten Zu-/Ableitungen 7, 12. Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ofen 1 wird der Prozessgasstrom am oberen Ende einer Trennwand 2 umgelenkt und dann seitlich an der Trennwand 2 nach unten geführt. Dadurch können die Anschlüsse für die ersten und zweiten Zu-/Ableitungen 7, 12 sämtlich an der Unterseite des Ofens 1 angeordnet werden. Der Übersicht halber sind Ventile und Regeleinheit zur Steuerung des Prozessgasstroms nicht dargestellt. Im ersten Verfahrensschritt wird, wie in Fig. 2A dargestellt, Prozessgas über die erste Zu-/Ableitung 7 in den Prozessraum 3 eingeleitet, steigt am Boat 4 vorbei nach oben und wird am oberen Ende der Trennwand

2 umgelenkt, um dann nach unten geführt zu werden und schließlich über die zweite Zu-/Ableitung 12 abgeführt zu werden. Nach Ablauf einer bestimmten Zeitspanne wird die Zufuhr des Prozessgases unterbrochen während das Prozessgas ,  
5 wie in Fig. 2B gezeigt, über die zweite Zu-/Ableitung 12 weiter aus dem Prozessraum 3 abgepumpt wird. Noch im Prozessraum 3 vorhandene Prozessgase werden daher im Wesentlichen entfernt. Alternativ kann der Prozessraum 3 auch mit einem inerten Gas gespült werden. Schließlich wird, wie in Fig. 2C  
10 dargestellt, das Prozessgas durch die zweite Zu-/Ableitung 12 in den Prozessraum 3 eingeleitet und durch die erste Zu-/Ableitung 7 aus dem Prozessraum 3 abgeleitet, sodass im Prozessraum 3 die Hauptstromrichtung umgekehrt wird. Nach Ablauf einer bestimmten Zeitspanne wird die Zufuhr des Prozessgases erneut unterbrochen, während das Prozessgas, wie in  
15 Fig. 2D gezeigt, über die erste Zu-/Ableitung 7 weiter aus dem Prozessraum 3 abgesaugt wird. Nach erneutem Absaugen verbrauchter Prozessgase, dargestellt in Fig. 2D, kann der in Fig. 2A-D dargestellte Zyklus ggf. erneut durchgeführt werden.  
20

Fig. 3 zeigt schematisch die Verteilung der Schichtdicke, die während der einzelnen Prozessstufen des erfindungsgemäßen Verfahrens erzeugt wird. Dabei ist auf der X-Achse die Ordnungszahl des Wafers 6 innerhalb des Stapels angegeben. Wafer 1 ist in Fig. 1 am unteren Ende angeordnet, während die Wafer mit höheren Nummern entsprechend weiter oben im Boat 4 angeordnet sind. Auf der Y-Achse ist der Schichtdickenzuwachs angegeben. Wird das Prozessgas durch die erste Zu-/Ableitung  
25 7 in den Prozessraum 3 eingeleitet und durch die zweite Zu-/Ableitung 12 wieder aus dem Prozessraum herausgeführt, so erfolgt auf Wafern mit niedriger Ordnungszahl ein höheres Schichtdickenwachstum als auf Wafern mit hoher Ordnungszahl, da erstere näher an der ersten Zu-/Ableitung 7 angeordnet  
30 sind, und der Prozessgasstrom eine hohe Konzentration der abzuscheidenden Komponente aufweist. Misst man den Zuwachs  
35



der Schichtdicke, so erhält man die in Fig. 3 dargestellte Kurve "A". Nach Umkehr der Strömungsrichtung strömt nun das Prozessgas durch die zweite Zu-/Ableitung 12 in den Prozessraum und wird über die erste Zu-/Ableitung 7 wieder herausgeführt. Entsprechend erfahren nun die Wafer mit einer hohen Ordnungszahl einen ausgeprägteren Schichtdickenzuwachs als die Wafer mit niedrigerer Ordnungszahl. Misst man den Schichtdickenzuwachs erhält man entsprechend die in Fig. 3 dargestellte Kurve "B". Da sich letztlich die beiden Kurven "A" und "B" addieren, erhält man nach Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Kurve "C".

Fig. 4 zeigt die Verteilung der Schichtdicke bei Durchführung eines Verfahrens zur Abscheidung einer Schicht auf einem Wafer, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist. Es wird die gleiche Vorrichtung verwendet, wie in Fig. 1 dargestellt, wobei die Hauptstromrichtung jedoch nicht verändert wird. Das Prozessgas wird also während der gesamten Abscheidung an der Zuleitung 7 in den Prozessraum 3 eingeleitet und, nachdem es den Prozessraum 3 entlang einer Hauptstromrichtung 15 durchströmt hat, an der Ableitung 12 wieder aus dem Prozessraum 3 abgeleitet. Es stellt sich, wie oben beschrieben, entlang der Hauptstromrichtung 15 ein Konzentrationsgradient ein, der zu einem unterschiedlichen Schichtdickenwachstum auf den im Prozessraum 3 angeordneten Wafern 6 führt. Wafer 6, die näher an der Zuleitung 7 angeordnet sind, erfahren ein höheres Schichtdickenwachstum als Wafer 6, die näher an der Ableitung 12 angeordnet sind. Die Verteilung der Schichtdicke ist in Fig. 4 dargestellt. Dabei ist, wie bei Fig. 3, auf der Abszisse die Wafernummer und auf der Ordinate die Schichtdicke aufgetragen. Man erhält eine Kurve „D“, die im Wesentlichen der Kurve A aus Fig. 3 entspricht. Vergleicht man nach Beendigung der Schichtabscheidung die Schichtdicken der Wafer 6, zeigt Kurve "C" aus Fig. 3 im Vergleich zur in Fig. 4 gezeigten Kurve "D" deutlich niedrigere Abweichungen in der Schichtdicke.

---

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gasphasenabscheidung von Komponenten, die in einem entlang einer Hauptstromrichtung strömenden Prozessgas  
5 enthalten sind, auf ein oder mehrere in einem Prozessraum befindliche Halbleitersubstrate, wobei die Hauptstromrichtung während des Verfahrens zumindest einmal geändert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Hauptstromrichtung  
10 umgekehrt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Hauptstrom-  
richtung parallel zu einer Symmetrieachse der Halbleitersub-  
strate ausgerichtet ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Symmetrieachse eine  
15 Rotationsachse oder eine Drehspiegelachse ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei vor  
20 einer Änderung der Hauptstromrichtung das Prozessgas zumin-  
dest teilweise aus dem Prozessraum entfernt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Entfernung des Pro-  
zessgases aus dem Prozessraum durch Verminderung der Zufuhr  
25 von Prozessgas in den Prozessraum und/oder Absaugen von Pro-  
zessgas aus dem Prozessraum und/oder Spülen des Prozessraumes  
mit einem Inertgas erfolgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die  
30 Komponenten nach einer Änderung der Hauptstromrichtung eine  
andere Zusammensetzung und/oder Konzentration aufweisen.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die  
Komponenten mit den Halbleitersubstraten chemisch reagieren.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Gasphasenabscheidung unterhalb Atmosphärendrucks abläuft.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Änderung der Hauptstromrichtung nach einem veränderbaren Zeitmuster erfolgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei während des Verfahrens eine Online-Erfassung von Menge und/oder Verteilung der auf die Halbleitersubstrate abgeschiedenen Komponenten erfolgt.

12. Ofen (1) zur Gasphasenabscheidung von in einem Prozessgas enthaltenen Komponenten auf ein oder mehrere Halbleitersubstrate (6), welcher zumindest umfasst:

- einen Prozessraum (3) zur Aufnahme der Halbleitersubstrate (6);
- eine mit dem Prozessraum verbundene erste Zu-/Ableitung (7);
- eine mit dem Prozessraum verbundene zweite Zu-/Ableitung (12);
- Mittel zum Erzeugen einer Prozessgasströmung (11, 14), welche mit der ersten und/oder zweiten Zu-/Ableitung (7, 12) verbunden sind;
- eine Heizvorrichtung;
- Mittel (9) zum Regeln von Betrag und Strömungsrichtung der Prozessgasströmung.

13. Ofen (1) nach Anspruch 12, wobei erste und zweite Zu-/Ableitung (7, 12) an gegenüberliegenden Seiten des Prozessraums (3) angeordnet sind.

14. Ofen (1) nach Anspruch 12 oder 13, wobei eine Intervallregeleinheit (9) vorgesehen ist, zum intervallweisen Ändern der Hauptstromrichtung (15) der Prozessgasströmung nach einem veränderbaren Zeitmuster.

15. Ofen (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei eine  
Messeinheit zum Erfassen von Menge und/oder Verteilung der  
auf die Halbleitersubstrate (6) abgeschiedenen Komponenten  
5 vorgesehen ist.

16. Ofen (1) nach Anspruch 15, wobei eine mit der Messeinheit  
verbundene Steuerungseinheit zur Onlinesteuerung der Mittel  
zum Erzeugen einer Prozessgasströmung vorgesehen ist.

10



---

Zusammenfassung

Verfahren und Ofen zur Gasphasenabscheidung von Komponenten  
auf Halbleitersubstrate mit veränderbarer Hauptstromrichtung  
5 des Prozessgases

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und einen Ofen zur Gas-  
phasenabscheidung von Komponenten auf Halbleitersubstrate.  
Die Hauptstromrichtung der Prozessgase kann im Verlauf des  
10 Verfahrens verändert bzw. umgekehrt werden, wodurch Tempera-  
tur- und Konzentrationsinhomogenitäten des Prozessgases in-  
nerhalb des Ofens verhindert werden, und eine gleichmäßige  
Abscheidung der Komponenten auf die Halbleitersubstrate er-  
reicht wird.

15  
  
(Figur 1)

---

Bezugszeichenliste

	1	Ofen
	2	Trennwand
5	3	Prozessraum
	4	Boat
	5	Dummy-Wafer
	6	Wafer
	7	erste Zu-/Ableitungen
10	8	Ventil
	9	Regeleinheit
	10	Steuerleitung
	11	Pumpe
	12	zweite Zu-/Ableitungen
15	13	Ventile
	14	Pumpe

FIG 1

